ttps://doi.org/10.15407/animbiol27.03.077
UDC 636.4:612.3:591.1
Received 25.06.2025 ▪ Revision 02.08.2025 ▪ Accepted 20.08.2025 ▪ Published online 22.10.2025

Біохімічні показники крові поросят за дії ізотонічно-протеїнової суміші

О. А. Шептуха, Д. М. Масюк
shepto@icloud.com

Дніпровський державний аграрно-економічний університет, вул. Сергія Єфремова, 25, м. Дніпро, 49027, Україна

ORCID:
O. A. Sheptukha https://orcid.org/0009-0000-5860-5385
D. M. Masiuk https://orcid.org/0000-0002-2800-2580

Authors' Contributions:
OAS: Conceptualization; Formal analysis; Investigation; Methodology; Writing — original draft.
DMM: Conceptualization; Methodology; Data curation; Project administration; Writing — review & editing; Supervision.

Declaration of Conflict of Interests:
None to declare.

Ethical approval:
None.

Acknowledgements:
None.

Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)

Метою роботи є визначення впливу застосування ізотонічно-протеїнової суміші (ІПС) у період відлучення на біохімічні показники крові поросят. Дослідження проводили на поросятах раннього постнатального періоду, яких розділили на контрольну та дослідну групи. У тварин обох груп у 9-, 21- та 35-денному віці проводили відбір крові, в якій визначали вміст основних метаболітів і активність ензимів. Встановлено, що після відлучення у поросят відзначали виражену метаболічну перебудову. Рівень загального протеїну зріс до 55,7±3,6 г/л, а після відлучення знизився на 17,2 % (P<0,05) до 46,1±4,7 г/л. Альбуміни зросли на 20,4 % (P<0,05), проте після відлучення знизилися на 5,1 % (P>0,05). Глобуліни до 21-го дня знизилися на 6,6 % (P>0,05), а після відлучення — ще на 28,8 % (P<0,001). Рівень сечовини зріс на 55,4 % (P<0,05) у 21-добовому віці, однак після відлучення він залишався підвищеним лише на 8,6 % (P>0,05). Рівень ферментів печінки (ALT, AST) зменшувався до 21-добового віку на 19,2 % (P>0,05) та 33,5 % (P<0,05) відповідно, проте після відлучення активність ALT зросла на 35,3 %, а AST — на 8,8 %. Вуглеводний метаболізм зазнавав змін: рівень глюкози знизився на 11,7 % (P>0,05) до 21-го дня, а після відлучення — ще на 25,3 % (P<0,05). У поросят дослідної групи спостеріли стабільніший метаболічний стан. Рівень загального протеїну зріс на 19,3 % (P<0,05) до 21-го дня та після відлучення знизився лише на 12,0 % (P<0,05). Альбуміни зросли на 22,0 % (P<0,05) до 21-го дня та після відлучення залишалися на 5,8 % (P>0,05) вищими за контроль. Глобуліни спочатку зменшилися на 12,8 % (P>0,05) до 9-го дня, але до 21-го дня їх рівень зріс на 16,9 % (P<0,05) і залишався на 25,6 % (P<0,05) вищим після відлучення. Рівень сечовини зріс на 19,4 % (P>0,05) до 21-го дня, але після відлучення знизився на 11,6 % (P<0,05), що свідчить про ефективніше використання білкових ресурсів. ALT залишався стабільним, тоді як AST зріс лише на 6,4 %, що вказує на кращу адаптацію печінки. Вуглеводний обмін у поросят дослідної групи був стабільнішим: рівень глюкози зріс на 3,8 % (P>0,05) до 21-го дня, а після відлучення був на 11,3 % вищий, ніж у контрольній групі. Застосування ІПС сприяє стабілізації білкового й енергетичного обміну, зменшенню стресових реакцій після відлучення та покращенню загального метаболічного статусу.

Ключові слова: поросята, метаболізм, ізотонічно-протеїнова суміш, відлучення

Вступ

В умовах сучасного тваринництва одним із найкритичніших періодів у житті поросят є ранній постнатальний онтогенез, особливо в період відлучення. Саме в цей час організм тварин зазнає значних фізіологічних змін, пов'язаних з адаптацією до нових умов годівлі та навколишнього середовища [19]. Одним з ключових аспектів успішного подолання цього періоду є підтримка бар'єрної та імунної функцій кишківника, що безпосередньо впливає на здоров'я, виживаність і продуктивність тварин. Водночас традиційні підходи, зокрема застосування антибіотиків для профілактики та лікування дисбактеріозів і кишкових розладів, мають низку недоліків, серед яких особливу стурбованість викликає зростання антибіотикорезистентності мікроорганізмів [13]. Однак, незважаючи на значні досягнення у ветеринарній медицині, проблема порушення бар'єрної функції кишківника й дисбалансу мікробіому в поросят залишається актуальною та потребує сучасних рішень і нових підходів. Передбачається, що застосування ізотонічного протеїнової суміші (ІПС) може сприяти нормалізації структурно-функціонального стану кишкового епітелію, стимулювати розвиток місцевого імунітету, стабілізувати мікробіом і покращувати енергетичний обмін в ентероцитах [16]. Ці добавки також сприяють збереженню цілісності епітелію кишківника, модуляції імунної відповіді та можуть скорочувати тривалість виділення вірусу PEDV [17]. Застосування таких технологій у годівлі поросят може не лише сприяти підвищенню їх стійкості до стресів, а й оптимізувати метаболічні процеси, що в підсумку позитивно позначається на їхньому здоров'ї, темпах росту та продуктивності [2, 3, 12].

Відомо, що застосування ІПС у поросят віком від 2-х до 8-ми днів сприяло зниженню смертності до відлучення, зростанню приростів після відлучення, а також стимулювало розвиток кишківника шляхом збільшення висоти ворсинок [6, 7]. Buzoianu та співавт. (2020) встановили, що така суміш позитивно впливає на мікробіоту кишківника, збільшуючи кількість корисних бактерій (*Lactobacillus*, *Bacteroides*) і знижуючи рівень патогенних мікроорганізмів, зокрема *Escherichia coli* [2, 10]. Додатково відзначено зростання популяцій бактерій із ферментативною й імуномодулювальною активністю (зокрема *Veillonella*). У дослідженні за участю 3862 поросят смертність до відлучення знизилася на 22,8 %, а середня маса на момент народження зросла на 0,41 кг [4]. Встановлено, що ефект ІПС проявляється незалежно від маси на момент народження: смертність знижувалася на 13–20 % залежно від початкової маси [1].

Тому актуальним напрямом наукових досліджень є встановлення впливу ізотонічно-протеїнової суміші на стан метаболізму поросят у критичні періоди раннього онтогенезу. Водночас результати досліджень можуть стати фундаментом для подальших наукових розробок і практичних рекомендацій у ветеринарній медицині та сучасному тваринництві.

Мета дослідження — вивчити вплив згодовування ізотонічно-протеїнової суміші поросятам у період відлучення на біохімічні показники крові.

Матеріали і методи

Дослід проведено в господарстві ТОВ «Агроінд» (Дніпропетровська обл.). Для експерименту відібрано 168 трипородних гібридних поросят генетики DanBred у віці двох днів, яких методом аналогів розподілили на контрольну та дослідну групи по 84 тварини в кожній. Починаючи з 3-го до 8-го дня життя, поросятам дослідної групи щоденно випоювали ізотонічно-протеїнову суміш *Tonisity Px* (Ірландія), у дозі 40 мл/порося/добу, до складу якої входять: декстроза (52 %), натрію хлорид (10 %), калію хлорид (5 %), сироватковий білок (5 %), мононатрійфосфат (4 %), смакові сполуки (16 %), консервант (6 %), стабілізатор (2 %). Поживна цінність: сирий протеїн — 16,6 %, сирі жири — 0,7 %, сира зола — 19,1 %, сира клітковина — <0,1 %, натрій — 5,2 %. Поросят контрольної групи утримували за стандартною технологією без використання суміші. Відлучення поросят від свиноматок проводили на 26-й день життя. Для оцінки стану метаболізму у 9-, 21- та 35- денному віці в поросят проводили відбір крові (по 10 зразків з кожної групи) з краніальної порожнистої вени в пробірки без антикоагулянту для подальшого отримання сироватки. Біохімічні дослідження сироватки крові проводили на автоматичному біохімічному аналізаторі Miura-200 (Італія) з використанням сертифікованих наборів реагентів виробництва *Spinreact* (Іспанія), *Dialab* (Австрія), *Cormay* (Польща) та *HTI* (США). Визначали концентрацію загального протеїну за допомогою біуретової реакції, вміст альбумінів — методом взаємодії з бромкрезоловим зеленим, концентрацію сечовини — ферментативно за реакцією Бертло, рівень креатиніну — кінетичним методом Яффе на основі швидкості утворення креатинін-пікратного комплексу, глюкози — глюкозооксидазним методом, загального кальцію — за кольоровою реакцією з арсеназо III, а неорганічного фосфору — з використанням молібдату амонію. Активність ферментів переамінування — аланінамінотрансферази (ALT) та аспартатамінотрансферази (ACT) — визначали кінетично з використанням реагентів Spinreact (Іспанія). Активність лужної фосфатази встановлювали за швидкістю утворення 4-нітрофенолу з набором реагентів компанії *Cormay* (Польща). Всі аналізи здійснювали згідно з протоколами виробників реагентів, що забезпечувало високу точність і достовірність отриманих результатів. Статистичне опрацювання отриманих результатів виконували за допомогою пакета «Аналіз даних» *Microsoft Office Excel 2019*. Вибіркові параметри, представлені в роботі, мали такі позначення: M — вибіркове середнє; SD — стандартне відхилення. Зміни показників вважали вірогідними за $P<0,05$ (у тому числі $P<0,01$ і $P<0,001$).

Результати й обговорення

Інтенсивність метаболізму поросят раннього віку є надзвичайно високою через швидкий ріст і розвиток організму [21]. Вона визначається високими рівнями енергетичного обміну, активним засвоєнням поживних речовин та значною потребою у білках, ліпідах і мікроелементах. У перші тижні життя ключову роль відіграє споживання молозива й молока, що забезпечує не лише енергетичні та пластичні ресурси, а й імунну підтримку [11]. Зміни у годівлі після відлучення призводять до метаболічного стресу, що може впливати на функціонування кишкового бар'єра та імунної системи [23].

Проведеними дослідженнями встановлено, що в поросят контрольної групи рівень загального протеїну на 9-й день життя становив 53,1±5,5 г/л. До 21-го дня його концентрація зросла на 4,9 % (P>0,05) і становила 55,7±3,6 г/л. Однак до 35-го дня спостерігалося зниження рівня загального протеїну на 17,2 % (P<0,05) відносно 21-го дня, до 46,1±4,7 г/л (рис. 1).

У поросят, які отримували ІПС, вміст загального протеїну на 9-й день був 50,3±2,1 г/л, що на 5,3 % нижче за контрольні показники. Однак до 21-го дня рівень протеїну зріс на 19,3 % (P<0,05) і становив 60,0±5,9 г/л, що на 8,4 % вище за відповідний показник у контрольній групі. На 35-й день рівень загального протеїну знизився до 52,8±4,5 г/л, що на 12,0 % вище, ніж у контролі (P<0,05).

Аналіз рівня альбумінів і глобулінів у сироватці крові поросят свідчить про зміни білкового обміну під впливом ізотонічно-протеїнової суміші (рис. 2). Альбуміни є важливим компонентом плазми крові, що відображає стан білкового метаболізму та рівень гомеостазу в організмі поросят у ранньому постнатальному періоді [24]. У поросят контрольної групи рівень альбумінів на 9-й день життя становив 22,6±2,8 г/л. До 21-го дня концентрація альбумінів зросла на 20,4 % (P<0,05) і становила 27,2±4,1 г/л, що вказує на активізацію білкового синтезу в період інтенсивного росту. Однак до 35-го дня відзначалося незначне зниження рівня альбумінів на 5,1 % до 25,8±3,3 г/л, що, ймовірно, пов'язане з адаптаційними змінами після відлучення.

Наші дослідження узгоджуються з іншими даними, демонструючи, що використання ізотонічних розчинів амінокислот як протеїнозберігаючої терапії суперечить усталеним уявленням про парентеральне харчування та відображає новітні досягнення в розумінні метаболізму [8]. У поросят, які отримували ІПС, рівень альбумінів на 9-й день був 23,7±5,5 г/л, що на 4,9 % вище за контрольний показник, однак ця різниця не була вірогідною (P>0,05). До 21-го дня рівень альбумінів зріс на 22,0 % (P<0,05) і становив 28,9±2,8 г/л, що на 6,3 % більше за показник у контрольній групі. На 35-й день рівень альбумінів знизився до 27,3±2,9 г/л, однак залишався на 5,8 % вищим, ніж у контрольній групі.

У поросят контрольної групи рівень глобулінів на 9-й день життя становив 30,5±6,7 г/л. До 21-го дня відзначалося незначне зниження рівня глобулінів на 6,6 % — до 28,5±4,5 г/л. Однак до 35-го дня спостерігалося істотне зниження рівня глобулінів на 28,8 % (P<0,001) — до 20,3±4,0 г/л, що може бути пов'язане з адаптаційним стресом після відлучення. У поросят, які отримували ІПС, рівень глобулінів на 9-й день становив 26,6±5,7 г/л, що на 12,8 % нижче за контрольний показник. Однак, на 21-й день рівень глобулінів зріс на 16,9 % (P<0,05) до 31,1±4,7 г/л, тобто був на 9,1 % вищий, ніж у контрольній групі. До 35-го дня спостерігалося зниження рівня глобулінів на 17,9 % (P<0,05) — до 25,5±4,7 г/л, однак цей рівень залишався на 25,6 % вищим, ніж у поросят контрольної групи (P<0,05).

Аналіз рівня сечовини та азоту сечовини в сироватці крові поросят дозволяє оцінити стан білкового метаболізму, функціональну активність нирок і адаптацію організму до змін у харчуванні [25]. У поросят контрольної групи рівень сечовини на 9-й день становив 2,24±0,56 ммоль/л (рис. 3). До 21-го дня відбулося значне зростання рівня сечовини на 55,4 % (P<0,05) — до 3,48±1,08 ммоль/л, що може бути пов'язане з інтенсивним білковим метаболізмом у період росту. Однак на 35-й день рівень сечовини знизився на 8,6 % — до 3,18±0,65 ммоль/л, що може свідчити про адаптаційні зміни в азотному обміні після відлучення. У поросят, які отримували ІПС, рівень сечовини на 9-й день був 2,52±0,70 ммоль/л, а отже на 12,5 % вищий, ніж у контрольній групі. До 21-го дня рівень сечовини зріс на 19,4 % (P>0,05) і становив 3,01±0,96 ммоль/л, що на 13,5 % нижче, ніж у контрольній групі. До 35-го дня рівень сечовини знизився на 11,6 % — до 2,66±0,42 ммоль/л, що на 16,4 % нижче, ніж у поросят контрольної групи (P<0,05).

Аналіз рівня азоту сечовини в сироватці крові поросят дозволяє оцінити ефективність білкового метаболізму та функціонування нирок [25]. У поросят контрольної групи рівень азоту сечовини на 9-й день становив 5,41±4,55 мг/100 мл. До 21-го дня відбулося збільшення на 17,0 % — до 6,33±2,10 мг/100 мл. До 35-го дня рівень азоту сечовини зріс ще на 7,1 % (P>0,05) і досяг 6,78±1,89 мг/100 мл. У поросят, які отримували ІПС, рівень азоту сечовини на 9-й день був 6,34±3,99 мг/100 мл, що на 17,2 % більше, ніж у поросят контрольної групи (P>0,05). До 21-го дня цей показник залишався практично незмінним (6,21±2,29 мг/100 мл), що на 1,9 % нижче, ніж у контрольній групі. На 35-й день спостерігалося зниження рівня азоту сечовини на 17,2 % — до 5,14±1,48 мг/100 мл, що на 24,2 % нижче, ніж у поросят контрольної групи (P<0,05).

Креатинін є важливим маркером білкового й енергетичного обміну, відображає рівень м'язового катаболізму [5], його концентрація у крові поросят може змінюватися залежно від рівня фізіологічного розвитку, стресових факторів та впливу ізотонічно-протеїнової

суміші (рис. 4). У поросят контрольної групи рівень креатиніну на 9-й день становив 70,7±20,8 мкмоль/л. До 21-го дня спостерігалося зниження показника на 10,6 % (P>0,05) — до 63,2±12,7 мкмоль/л, що може бути пов'язане зі зміною обміну білків та зменшенням інтенсивності катаболічних процесів. На 35-й день рівень креатиніну зріс на 13,8 % (P>0,05) — до 71,9±8,5 мкмоль/л, що свідчить про стабілізацію білкового метаболізму після відлучення. У поросят, які отримували ІПС, рівень креатиніну на 9-й день був 79,4±7,9 мкмоль/л, тобто на 12,3 % вищий, ніж у поросят контрольної групи (P>0,05). До 21-го дня рівень креатиніну знизився на 8,7 % і становив 72,5±17,7 мкмоль/л, отже й далі на 14,7 % перевищував контрольний рівень (P>0,05). На 35-й день рівень креатиніну зріс на 11,3 % — до 80,7±10,1 мкмоль/л, що на 12,3 % вище, ніж у поросят контрольної групи (P<0,05). Ці зміни можуть бути пов'язані з інтенсифікацією анаболічних процесів у м'язовій тканині та зменшенням катаболічних ефектів.

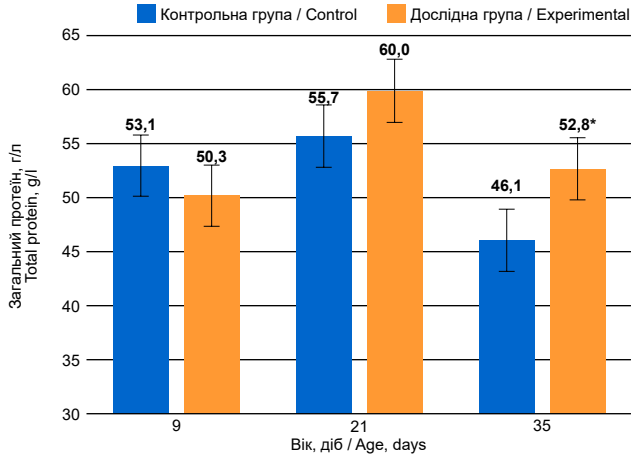


Рис. 1. Вміст загального протеїну в сироватці крові поросят за дії ІПС, г/л (M±SD; n=10)
Примітка. Тут і далі * — P<0,05 — порівняно з контрольною групою.
Fig. 1. Total protein content in piglet blood serum under the influence of IPS, g/l (M±SD; n=10)
Note. Here and further * — P<0.05 — compared to the control group

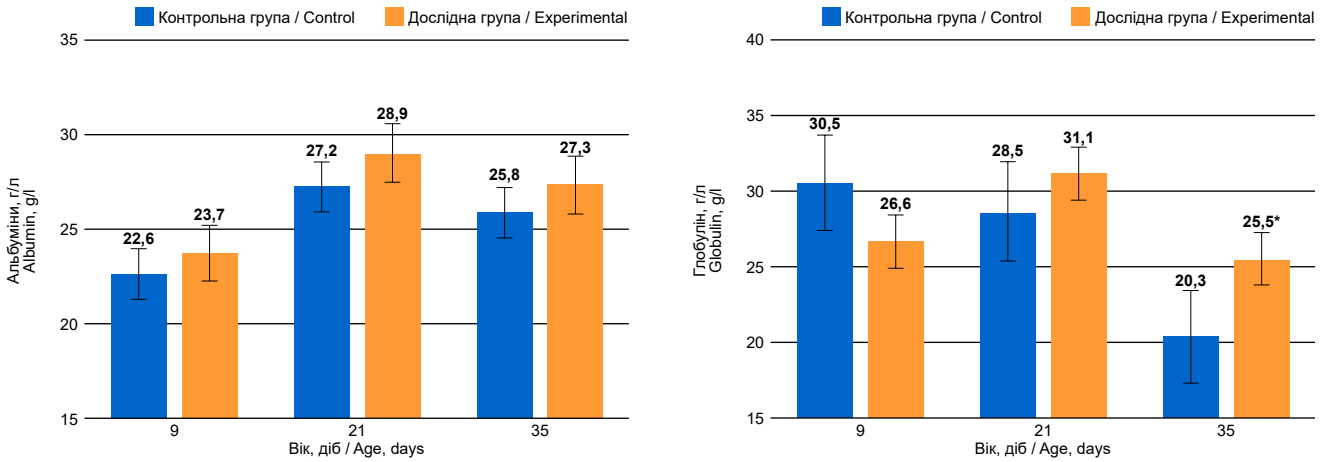


Рис. 2. Вміст альбумінів і глобулінів у сироватці крові поросят за дії ІПС, г/л (M±SD; n=10)
Fig. 2. Albumin and globulin content in piglet blood serum under the influence of IPS, g/l (M±SD; n=10)

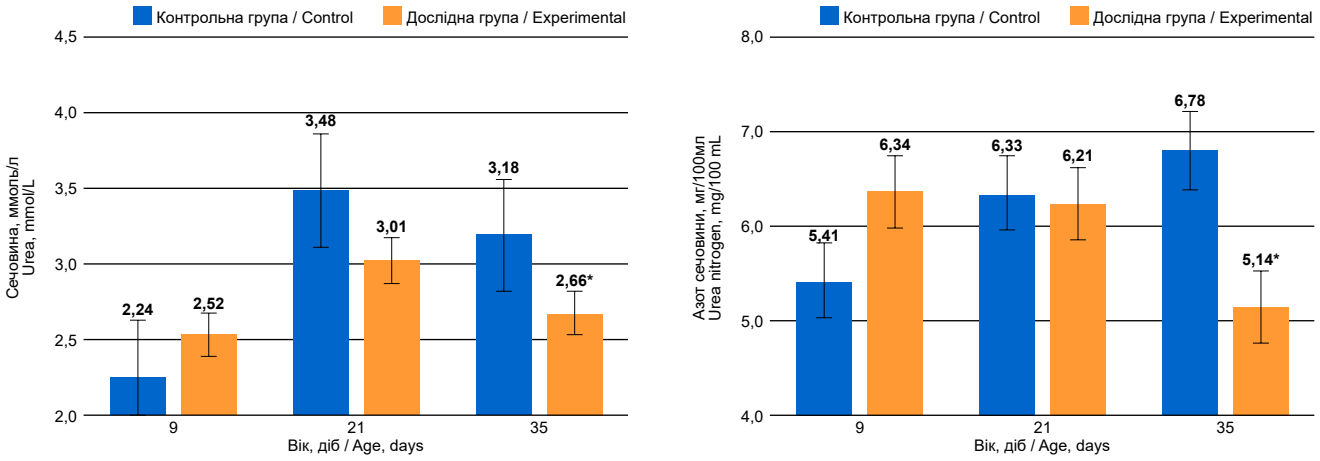


Рис. 3. Вміст сечовини (ммоль/л) та азоту сечовини (мг/100мл) в сироватці крові поросят за дії ІПС (M±SD; n=10)
Fig. 3. Urea content (mmol/L) and urea nitrogen (mg/100 mL) in piglet blood serum under the influence of IPS (M±SD; n=10)

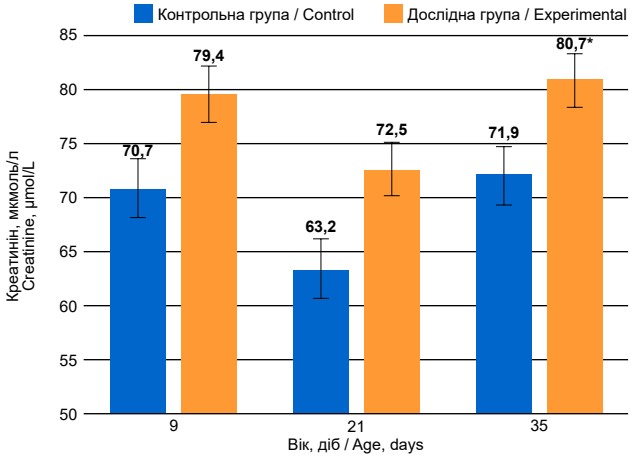
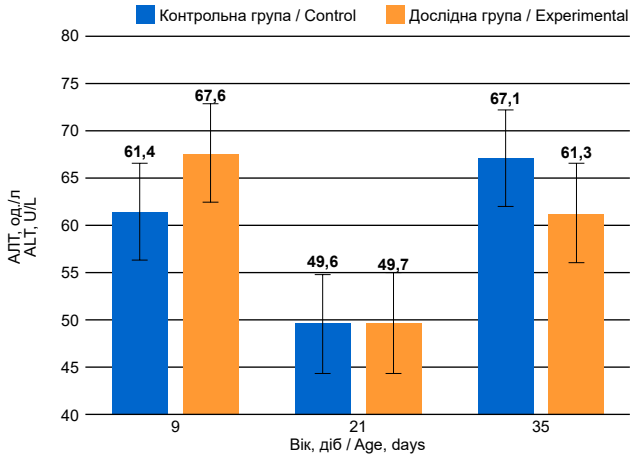


Рис. 4. Вміст креатиніну в сироватці крові поросят за дії ІПС, мкмоль/л (M±SD; n=10)
Примітка. * — P<0,05 — порівняно з контрольною групою.
Fig. 4. Creatinine content in piglet blood serum under the influence of IPS, µmol/L (M±SD; n=10)
Note. * — P<0.05 — compared to the control group.

Аланінамінотрансфераза (ALT) є важливим маркером стану печінки, відображаючи рівень метаболічного навантаження та інтенсивність амінокислотного обміну [22]. У поросят контрольної групи активність ALT на 9-й день становила 61,4±11,9 Од/л (рис. 5). До 21-го дня відбулося зниження активності ALT на 19,2 % (P>0,05) — до 49,6±17,7 Од/л, що може бути пов'язане зі зменшенням метаболічного навантаження на печінку в цьому періоді. Проте на 35-й день спостерігалося зростання активності ALT на 35,3 % (P<0,05) — до 67,1±25,7 Од/л, що може свідчити про збільшення навантаження на печінку після відлучення. Під впливом ізотонічно-протеїнової суміші можуть відбуватися зміни активності ALT, що свідчить про можливі адаптаційні та гепатопротекторні ефекти. У поросят, які отримували ІПС, активність ALT на 9-й день була 67,6±16,8 Од/л, що на 10,1 % вище, ніж у контрольній групі. До 21-го дня рівень ALT практично не змінився і становив 49,7±9,7 Од/л, що майже дорівнює контрольному



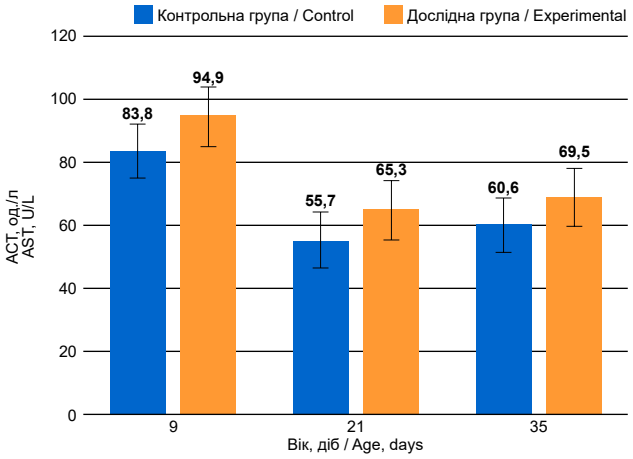


Рис. 5. Активність ALT й AST в сироватці крові поросят за дії ІПС (Од/л; M±SD; n=10)
Fig. 5. ALT and AST activity in piglet blood serum under the influence of IPS (U/L; M±SD; n=10)

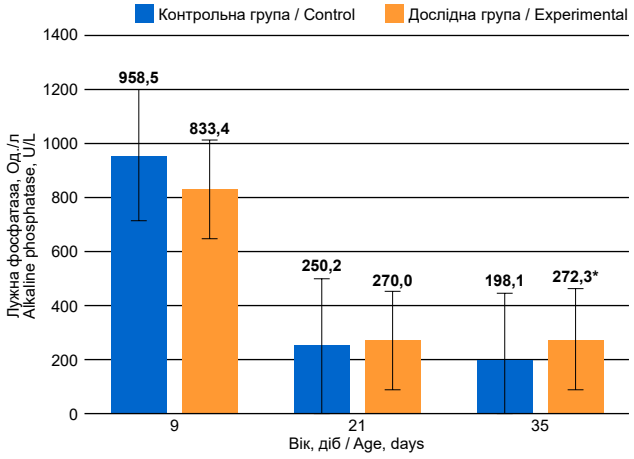


Рис. 6. Активність лужної фосфатази в сироватці крові поросят за дії ІПС, Од/л (M±SD; n=10)
Fig. 6. Alkaline phosphatase activity in piglet blood serum under the influence of IPS, U/L (M±SD; n=10)

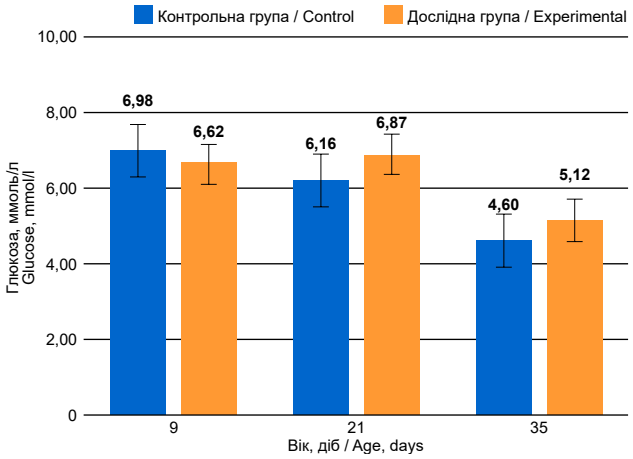


Рис. 7. Вміст глюкози в сироватці крові поросят за дії ІПС, ммоль/л (M±SD; n=10)
Fig. 7. Glucose content in piglet blood serum under the influence of IPS, mmol/l (M±SD; n=10)

значенню. На 35-й день активність ALT залишалася на 8,6 % нижчою, ніж у контрольній групі, і становила 61,3±15,2 Од/л, однак ця різниця не була достовірною (P>0,05). Збереження стабільного рівня ALT у поросят дослідної групи може свідчити про менший рівень стресового впливу на печінку після відлучення, що є важливим показником фізіологічної адаптації поросят.

Аспартатамінотрансфераза (AST) є ключовим ферментом, що бере участь у білковому обміні та є маркером функціонального стану печінки і м'язової тканини [18]. У поросят контрольної групи активність AST на 9-й день становила 83,8±38,9 Од/л. До 21-го дня рівень ферменту значно знизився — на 33,5 % (P<0,05), до 55,7±19,0 Од/л, що може бути пов'язане зі зменшенням навантаження на печінку та стабілізацією енергетичного обміну. Однак на 35-й день спостерігалося незначне підвищення рівня AST — на 8,8 %, до 60,6±20,4 Од/л, що може свідчити про адаптацію організму після відлучення. У поросят, які отримували ІПС, активність AST на 9-й день становила 94,9±14,0 Од/л, тобто була на 13,3 % вища, ніж у контрольній групі. До 21-го дня рівень AST знизився на 31,2 % (P>0,05) і становив 65,3±43,4 Од/л, що на 17,2 % вище, ніж у поросят контрольної групи (P>0,05). На 35-й день активність AST підвищилася на 6,4 % — до 69,5±17,7 Од/л, що на 14,7 % вище, ніж у контрольній групі.

Лужна фосфатаза (ALP) є важливим ферментом, що бере участь у метаболізмі фосфору, ремоделюванні кісткової тканини та загальних процесах адаптації організму [15]. У поросят контрольної групи активність ALP на 9-й день становила 958,5±187,6 Од/л. До 21-го дня рівень ферменту значно знизився — на 73,9 % (P<0,001), до 250,2±108,3 Од/л, що може бути пов'язане зі зменшенням інтенсивності процесів росту кісткової тканини та адаптацією до нових умов годівлі. На 35-й день активність ALP й надалі знижувалася та становила 198,1±59,0 Од/л, що на 20,8 % нижче, ніж на 21-й день (P>0,05). У поросят, які отримували ІПС, активність ALP на 9-й день була 833,4±181,1 Од/л, що на 13,0 % нижче, ніж у контрольній групі. До 21-го дня рівень ферменту знизився на 67,6 % (P<0,001) — до 270,0±61,0 Од/л, що на 7,9 % вище, ніж у контрольній групі. На 35-й день активність ЛФ зросла на 7,8 % — до 272,3±59,9 Од/л, що на 37,5 % вище, ніж у поросят контрольної групи (P<0,05). Це може свідчити про більш активний кістковий метаболізм і підтримку мінерального обміну в поросят, які отримували ІПС, навіть після відлучення.

Глюкоза є ключовим показником енергетичного метаболізму, що відображає стан вуглеводного обміну, рівень стресу та адаптаційні можливості організму [9]. У поросят контрольної групи рівень глюкози на 9-й день становив 6,98±1,73 ммоль/л (рис. 7). До 21-го дня спостерігалося зниження рівня глюкози на 11,7 % (P>0,05) — до 6,16±0,91 ммоль/л, що може бути пов'язане з поступовим переходом організму до використання інших джерел енергії. До 35-го дня концентрація глюкози знизилася ще на 25,3 % (P<0,05) — до 4,60±0,78 ммоль/л. У поросят, які отримували ІПС, рівень глюкози на 9-й день був 6,62±1,39 ммоль/л, що на 5,2 % нижче, ніж у контрольній групі. До 21-го дня рівень глюкози зріс на 3,8 % і становив 6,87±0,76 ммоль/л, що на 11,5 % вище, ніж у контрольній групі. На 35-й день концентрація глюкози знизилася на 25,5 % (P<0,05) — до 5,12±0,70 ммоль/л, однак цей рівень залишався на 11,3 % вищим, ніж у контрольній групі.

Кальцій є одним із найважливіших макроелементів, що бере участь у формуванні кісткової тканини, регуляції нервово-м'язової активності та підтримці гомеостазу [20]. У поросят контрольної групи рівень кальцію на 9-й день становив 2,22±0,45 ммоль/л (рис. 8). До 21-го дня відбулося зниження рівня кальцію на 9,5 % (P>0,05) — до 2,01±0,22 ммоль/л, що може бути пов'язане з активним ростом тварин і зміною мінерального метаболізму. До 35-го дня рівень кальцію залишався стабільним. У поросят, які отримували ІПС, рівень кальцію на 9-й день був 2,27±0,33 ммоль/л, тобто на 2,3 % вищий, ніж у контр-

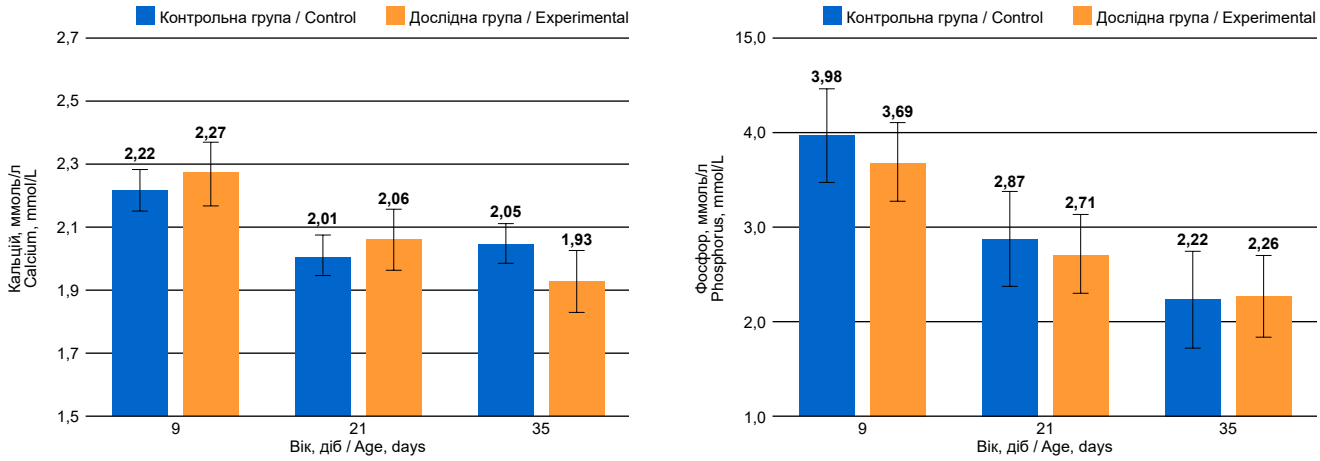


Рис. 8. Вміст кальцію і фосфору в сироватці крові поросят за дії ІПС, ммоль/л (M±SD; n=10)
Fig. 8. Calcium and phosphorus content in piglet blood serum under the influence of IPS, mmol/L (M±SD; n=10)

ольній групі. До 21-го дня рівень кальцію знизився на 9,3 % (P>0,05) — до 2,06±0,25 ммоль/л, що на 2,5 % вище, ніж у контрольній групі. На 35-й день концентрація кальцію зменшилася ще на 6,3 % — до 1,93±0,20 ммоль/л, що на 5,9 % нижче, ніж у контрольній групі.

Фосфор є одним із ключових макроелементів, що бере участь у формуванні кісткової тканини, енергетичному метаболізмі та регуляції кислотно-лужного балансу [14]. У поросят контрольної групи рівень фосфору на 9-й день становив 3,98±0,48 ммоль/л (рис. 8). До 21-го дня відбулося значне зниження рівня фосфору — на 27,9 % (P<0,05), до 2,87±0,42 ммоль/л. На 35-й день рівень фосфору ще знизився на 22,6 % — до 2,22±0,30 ммоль/л.

У поросят, які отримували ІПС, рівень фосфору на 9-й день становив 3,69±0,87 ммоль/л, тобто був на 7,3 % нижчий, ніж у контрольній групі. До 21-го дня рівень фосфору знизився на 26,5 % і становив 2,71±0,56 ммоль/л, що на 5,6 % нижче, ніж у контрольній групі. На 35-й день рівень фосфору залишався стабільним — 2,26±0,35 ммоль/л.

Співвідношення кальцію до фосфору (Ca/P) є важливим показником мінерального обміну, що відображає баланс між надходженням, засвоєнням і використанням цих макроелементів у процесах росту, розвитку кісткової тканини та підтримки метаболічної рівноваги. Оптимальний рівень цього коефіцієнта є критично важливим для правильного формування скелета й загального гомеостазу тварин [20]. У поросят контрольної групи відношення Ca/P на 9-й день становило 0,56±0,09 (рис. 9). До 21-го дня цей показник зріс на 28,6 % (P<0,05) — до 0,72±0,17. До 35-го дня спостерігалося подальше підвищення коефіцієнта на 31,9 % (P<0,05) — до 0,95±0,24, що може свідчити про зменшення доступності фосфору в організмі або компенсаторну адаптацію після відлучення.

У поросят, які отримували ІПС, співвідношення Ca/P на 9-й день було 0,64±0,12, тобто на 14,3 % вище, ніж у контрольній групі, що може свідчити про більш збалансований мінеральний обмін. До 21-го дня показник зріс на 23,4 % (P<0,05) — до 0,79±0,18, що на 9,7 % вище, ніж у контрольній групі. На 35-й день співвідношення Ca/P знизилося на 13,9 % — до 0,88±0,18, що на 7,4 % нижче, ніж у контрольній групі. Ці зміни можуть свідчити про більш ефективне використання кальцію та фосфору в процесах мінералізації та адаптації після відлучення.

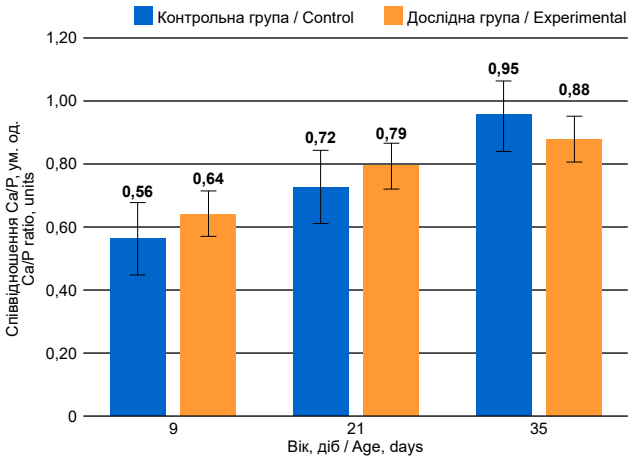


Рис. 9. Відношення кальцію до фосфору в сироватці крові поросят за дії ІПС, ум. од. (M±SD; n=10)
Fig. 9. Calcium to phosphorus ratio in piglet blood serum under the influence of IPS, conventional units (M±SD; n=10)

Отримані результати вказують на те, що ІПС сприяє оптимізації білкового, вуглеводного та мінерального обміну, підтримуючи фізіологічну адаптацію поросят у стресовий період після відлучення. Це свідчить про потенційні переваги використання ІПС у системі годівлі поросят для покращення їхнього метаболічного статусу та загального здоров'я.

Таким чином, у поросят після відлучення спостерігається виражена метаболічна перебудова, яка є доказом значних адаптаційних змін. Використання ізотонічно-протеїнової суміші сприяло пом'якшенню цих процесів, зокрема забезпечило вищий рівень загального протеїну, альбумінів і глобулінів у поросят дослідної групи як до, так і після відлучення, що свідчить про кращу білкову забезпеченість та підтримку імунної функції. Після відлучення спостерігалося зниження сечовини, стабільні показники ALT і незначне підвищення AST, що вказує на ефективне використання протеїну та кращу адаптацію печінки. Рівень глюкози був вищим, порівняно з контролем, що підтверджує стабільність енергетичного обміну. Загалом ІПС сприяє зменшенню стресових реакцій після відлучення і покращенню метаболічного статусу поросят.

Джерела

1. Buzoianu SG, Firth AM. 49 (P4-1). Distribution of pre-weaning mortality in 20 920 pigs and effectiveness of an isotonic protein drink intervention. *Animal Sci Proc*. 2023; 14 (6): 769–770. DOI: 10.1016/j.anscip.2023.08.050.
2. Buzoianu SG, Firth AM, Putrino C, Vannucci F. Early-life intake of an isotonic protein drink improves the gut microbial profile of piglets. *Animals*. 2020; 10 (5): 879. DOI: 10.3390/ani10050879.
3. Clarke NJ, Tomlinson AJ, Schomburg G, Naylor S. Capillary isoelectric focusing of physiologically derived proteins with on-line desalting of isotonic salt concentrations. *Analyt Chem*. 1997; 69 (14): 2786–2792. DOI: 10.1021/ac961283.
4. Cortyl M. Positive effects of an isotonic protein drink on gut health & performance. *Int Pig Topics*. 2009; 35 (2): 13–15. Available at: https://www.pig333.com/users/?accio=publicacio_descarregar&id=4384
5. Dinesh OC, Kankayaliyan T, Rademacher M, Tomlinson C, Bertolo RF, Brunton JA. Neonatal piglets can synthesize adequate creatine, but only with sufficient dietary arginine and methionine, or with guanidinoacetate and excess methionine. *J Nutr*. 2021; 151 (3): 531–539. DOI: 10.1093/jn/nxaa369.
6. Firth A, Cano G, Alujas AM. Effect of gruel and *Tonisity Px*™ on feed intake and weight gain at weaning. *Proc 48th AASV Annu Meeting*. Denver, CO, USA. 2017: 25–28. Available at: https://www.tonisity.com/wp-content/uploads/2022/05/Growth-Gut-health-Effect-of-gruel-and-Tonisity-Px-on-feed-intake-and-weight-gain-at-weaning.pdf

7. Firth A, Martín R, Cano G, Alujas AM. Effect of *Tonisity Px*™ administration on pre-weaning mortality and weight gain. *Proc 48th AASV Annu Meeting*. Denver, CO, USA. 2017: 131–133. Available at: https://www.tonisity.com/wp-content/uploads/2022/05/Mortality-Growth-Effect-of-Tonisity-Px-administration-on-pre-weaning-mortality-and-weight-gain.pdf
8. Foster KJ, Alberti KG, Karran SJ. The protein-sparing effect of isotonic amino acids: Metabolic considerations. In: Johnston IDA (ed). *Advances in Parenteral Nutrition*: *Proc Int Symp Bermuda*, 16–19th May, 1977. Springer, Dordrecht, 1978: 141–161. DOI: 10.1007/978-94-011-7188-5_9.
9. Goodarzi P, Habibi M, Roberts K, Sutton J, Shili CN, Lin D, Pezeshki A. Dietary tryptophan supplementation alters fat and glucose metabolism in a low-birthweight piglet model. *Nutrients*. 2021; 13 (8): 2561. DOI: 10.3390/nu13082561.
10. Gresse R, Chaucheyras-Durand F, Fleury MA, Van de Wiele T, Forano E, Blanquet-Diot S. Gut microbiota dysbiosis in postweaning piglets: Understanding the keys to health. *Trends Microbiol*. 2017; 25 (10): 851–873. DOI: 10.1016/j.tim.2017.05.004.
11. Heath ME, Ingram DL. Metabolism of young pigs reared in a hot or cold environment on various energy intakes. *J Thermal Biol*. 1981; 6 (1): 19–22. DOI: 10.1016/0306-4565(81)90037-1.
12. Jumaa M, Müller BW. *In vitro* investigation of the effect of various isotonic substances in parenteral emulsions on human erythrocytes. *Eur J Pharmaceut Sci*. 1999; 9 (2): 207–212. DOI: 10.1016/S0928-0987(99)00059-7.
13. Kobek-Kjeldager C, Vodolazs'ka D, Lauridsen C, Canibe N, Pedersen LJ. Impact of supplemental liquid feed pre-weaning and piglet weaning age on feed intake post-weaning. *Livest Sci*. 2021; 252: 104680. DOI: 10.1016/j.livsci.2021.104680.
14. Lautrou M, Narcy A, Dourmad JY, Pomar C, Schmidely P, Létourneau Montminy MP. Dietary phosphorus and calcium utilization in growing pigs: Requirements and improvements. *Front Vet Sci*. 2021; 8: 2021. DOI: 10.3389/fvets.2021.734365.
15. Makris K, Mousa C, Cavalier E. Alkaline phosphatases: Biochemistry, functions, and measurement. *Calc Tiss Int*. 2023; 112 (2): 233–242. DOI: 10.1007/s00223-022-01048-x.
16. Masiuk DM, Kokariev AV, Bal R, Nedzvetsky VS. The isotonic protein mixture suppresses Porcine Epidemic Diarrhea Virus excretion and initiates intestinal defensive response. *Theor Appl Vet Med*. 2022; 10 (2): 23–28. DOI: 10.32819/2022.10009.
17. Masiuk DM., Kokariev AV, Buzoianu SG, Firth AM, Nedzvetsky VS. An isotonic protein solution favorably modulated the porcine intestinal immune response and cellular adhesion markers and reduced PEDV shedding *in vivo*. *Vet Immunol Immunopathol*. 2024; 271: 110753. DOI: 10.1016/j.vetimm.2024.110753.
18. Ndrepepa G. Aspartate aminotransferase and cardiovascular disease — a narrative review. *J Lab Precis Med*. 2021; 6: 6. DOI: 10.21037/jlpm-20-93.
19. Tang X, Xiong K, Fang R, Li M. Weaning stress and intestinal health of piglets: A review. *Front Immunol*. 2022; 13: 1042778. DOI: 10.3389/fimmu.2022.1042778.
20. Vötterl JC, Klinsoda J, Hennig-Pauka I, Verhovsek D, Metzler-Zebeli BU. Evaluation of serum parameters to predict the dietary intake of calcium and available phosphorus in growing pigs. *Transl Anim Sci*. 2021; 5 (2): txab059. DOI: 10.1093/tas/txab059.
21. Wang J, Xiao Y, Li J, Qi M, Tan B. Serum biochemical parameters and amino acids metabolism are altered in piglets by early-weaning and proline and putrescine supplementations. *Anim Nutr*. 2021; 7 (2): 334–345. DOI: 10.1016/j.aninu.2020.11.007.
22. Wang P, Zhang J, Tian Y, Yu B, He J, Yu J, Zheng P. Weaning stress aggravates defense response and the burden of protein metabolism in low-birth-weight piglets. *Animals*. 2025, 15 (10): 1369. DOI: 10.3390/ani15101369.
23. Yu C, Wang D, Shen C, Luo Z, Zhang H, Zhang J, Xu W, Xu J. Remodeling of hepatic glucose metabolism in response to early weaning in piglets. *Animals*. 2024; 14 (2): 190. DOI: 10.3390/ani14020190.
24. Zaitsev SY, Belous AA, Voronina OA, Rykov RA, Bogolyubova NV. Correlations between antioxidant and biochemical parameters of blood serum of Duroc breed pigs. *Animals*. 2021; 11 (8): 2400. DOI: 10.3390/ani11082400.
25. Zhang S, Yu B, Liu Q, Zhang Y, Zhu M, Shi L, Chen H. Assessment of hematologic and biochemical parameters for healthy commercial pigs in China. *Animals*. 2022; 12 (18): 2464. DOI: 10.3390/ani12182464.

Biochemical blood parameters of piglets under the influence of an isotonic protein solution

O. A. Sheptukha, D. M. Masiuk
shepto@icloud.com

Dnipro State Agrarian and Economic University, 25 Serhiia Yefremova Street, Dnipro, 49027, Ukraine

The aim of this study was to investigate the effect of administering an isotonic protein solution (IPS) during the weaning period on blood biochemical parameters of piglets. The study was conducted on early postnatal piglets divided into control and experimental groups. Blood samples were collected at 9, 21, and 35 days of age to assess key metabolites and enzyme activity. In control piglets marked metabolic shift occurred post-weaning. Total protein increased to 55.7±3.6 g/L but decreased by 17.2 % (P<0.05) post-weaning to 46.1±4.7 g/L. Albumin levels rose by 20.4 % (P<0.05), followed by a non-significant drop of 5.1 % (P>0.05). Globulin concentrations decreased by 6.6 % by day 21 (P>0.05) and further declined by 28.8 % after weaning (P<0.001). Blood urea levels rose by 55.4 % (P<0.05) by day 21, indicating intensified protein catabolism, but remained elevated by only 8.6 % post-weaning (P>0.05). Liver enzymes ALT and AST decreased by 19.2 % (P>0.05) and 33.5 % (P<0.05), respectively, by day 21, but increased by 35.3 % (ALT) and 8.8 % (AST) after weaning. Carbohydrate metabolism was also affected: glucose levels decreased by 11.7 % (P>0.05) by day 21 and by an additional 25.3 % (P<0.05) post-weaning. In the experimental group metabolic stability was greater than in the control. Total protein increased by 19.3 % (P<0.05) by day 21 and decreased by only 12.0 % (P<0.05) post-weaning, remaining above control levels. Albumin increased by 22.0 % (P<0.05) and remained 5.8 % higher than control after weaning (P>0.05). Globulin levels initially decreased by 12.8 % (P > 0.05) by day 9, but increased by 16.9 % by day 21 (P<0.05) and remained 25.6 % higher post-weaning (P<0.05). Urea levels increased by 19.4 % (P>0.05) by day 21, then decreased by 11.6 % post-weaning (P<0.05), suggesting more efficient protein utilization. ALT remained stable, while AST increased by only 6.4 %, reflecting better hepatic adaptation. Carbohydrate metabolism was also more stable: glucose increased by 3.8 % (P>0.05) by day 21 and was 11.3 % higher post-weaning compared to the control. Thus, administration of IPS contributes to stabilization of protein and energy metabolism, reduces post-weaning stress responses, and improves the overall metabolic status of piglets.

Key words: piglets, metabolism, isotonic protein solution, weaning